Beiträge zur Lehre von der Athmungsinnervation.

Von Prof. Dr. **Philipp Knoll.**

Fünfte Mittheilung.

Athmung bei Erregung sensibler Nerven.

(Mit 3 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 2. Juli 1885.)

EINLEITUNG.

Den Einfluss, den die Erregung anderer sensibler Nerven als des Vagus auf die Athmung nimmt, scheint Marshall Hall[1] zuerst betont zu haben. M. Schiff[2] führte später den Nachweis, dass von gewissen Hautnerven aus ein Athmungsstillstand in Exspirationsstellung zu erzielen sei und bald nachher stellte eine Untersuchung von Holmgren[3] fest, dass ein gleichartiger Athmungsstillstand auch durch Erregung der Trigeminusenden in der Nasenschleimhaut hervorgerufen wird. Falk[4] erzielte einen solchen Stillstand durch Untertauchen der Thiere in kaltes Wasser. Aus seinen Angaben geht hervor, dass hiebei die Benetzung der Nase das wirksame Moment war. Holmgren's Mittheilungen erhielten volle Bestätigung durch die unbeeinflusst von denselben durchgeführten Untersuchungen von Kratschmer[5] und François-Franck,[6] und Wegele[7] hat noch durch besonders hierauf

---

[1] Abhandl. über das Nervensystem. (Übersetzt von Kürschner.) 1840

[2] Comptes rend. T. 53, 1861, p. 330—333.

[3] On chloroforms werkning paa Kaninen. Upsala Läk. Sällsk. Handl. Bd. II, Nr. 3.

[4] Über eine eigenthümliche Beziehung der Hautnerven zur Athmung. Reichert's Archiv 1869, 2. Bd., p. 239.

[5] Über Reflexe von der Nasenschleimhaut auf Athmung und Kreislauf. Sitzber. d. Wiener Akad. 1870, Bd. 62, II. Abth.

[6] Travaux du laboratoire de M. Marey. T. II, 1876, p. 221 ff.

[7] Über die centrale Natur reflectorischer Athmungshemmung. Würzburger Verhandlungen. Bd. 17, Nr. 1, Würzburg 1882.

gerichtete Versuche den Nachweis geführt, dass der so erzielte Stillstand der Athmung nicht etwa lediglich auf eine tetanische Erregung der Ausathmungsmuskeln zurückzuführen ist, sondern auch nach Ausschaltung dieser noch eintritt und dann als eine reine Hemmung der Athmungsinnervation aufzufassen ist.

François-Franck sah übrigens auch bei Reizung des „grossen und kleinen Hüftnerven“ bei Kaninchen exspiratorischen Athmungsstillstand eintreten und Langendorff[1] konnte solchen Stillstand durch kräftige mechanische, elektrische und chemische Reizung der verschiedensten sensiblen Nerven (Ischiadicus, Cruralis, Medianus, Ulnaris, Supramaxillaris, Nasenäste des Quintus, Schwanznerven) erzeugen. Graham[2] sah bei schwächerer Reizung des centralen Splanchnicusstumpfes die Athmung seltener werden, und bei stärkerer in activer Exspiration stille stehen.

Ausser diesen exspiratorischen sind aber auch inspiratorische Wirkungen der Erregung verschiedener sensibler Nerven schon länger bekannt. Schiff sah öfter bei Reizung des Schwanzes und der Hinterbeine Beschleunigung der Athmung eintreten. Traube[3] stützte auf den Erfolg, den Besprengen mit kaltem Wasser bei Ohnmächtigen und bei asphyktischen Neugebornen hat, die Behauptung, dass Inspirationen von allen Theilen des Körpers durch sensible Nervenfasern hervorgerufen werden können, die ihre Erregung mit genügender Stärke bis zur Medulla oblongata fortzupflanzen vermögen. Kratschmer macht darauf aufmerksam, dass bei elektrischer Reizung des Trigeminus am Foramen supramaxillare der exspiratorischen Wirkung eine inspiratorische vorhergehe (l. c. p. 22). Langendorff (l. c. p. 64) sah bei schwacher Erregung jener Nerven, deren starke Erregung zu exspiratorischem Stillstande führte, Beschleunigung der Athmung oder Stillstand in Inspirationsstellung eintreten. Christiani[4] gab an, dass bei

---

[1] Der Einfluss des Nervus vagus und der sensiblen Nerven auf die Athmung. Mittheilungen aus dem Königsberger physiol. Laborat. Königsberg 1878.

[2] Ein neues specifisches regulatorisches Nervensystem des Athmungscentrums. Pflüger's Archiv 1881, Bd. 25.

[3] Gesammelte Beiträge zur Pathologie und Physiologie. Bd. II, p. 890.

[4] Experimentelle Beiträge zur Physiologie des Kaninchenhirnes und seiner Nerven. Monatsbericht der Berliner Akad. Februar 1881.

Kaninchen Reizung des Opticus und Acusticus durch den entsprechenden Sinnesreiz oder auf mechanische oder elektrische Weise stets beschleunigend, bezüglich inspiratorisch wirkt und glaubt, dass durch diese Nerven, dann durch die Sinnesnerven der Haut und gewisse Vagusfasern dem Athemcentrum Anregung zur Inspiration zugeführt wird, während durch die übrigen Vagusfasern, durch den Trigeminus und durch die „pathischen" Fasern der anderen sensiblen Nerven Hemmung und active Exspiration gesetzt wird. Anrep und Cybulski[1] endlich machten jüngst die Mittheilung, dass die Reizung des centralen Phrenicusstumpfes wie die von anderen sensiblen Nerven in- und exspiratorische Wirkungen gebe.

Nach allem Dem könnte es scheinen, als wenn Langendorff (l. c. p. 66) Recht hätte mit der Behauptung, dass kein principieller Unterschied zwischen den Wirkungen der Erregung des Nervus vagus und seiner Zweige auf die Athmung und jenen der Erregung irgend eines anderen sensiblen Nerven bestehe, und dass die Erfolge des Vagus lediglich constanter und ausgesprochener sind. Indessen hatte ich bei den Versuchen, die meinen früheren Beiträgen zur Lehre von der Athmungsinnervation zu Grunde lagen, mancherlei Erfahrungen gemacht, welche ich mit einer solchen Behauptung nicht in Einklang zu bringen vermochte, und sprach mich darum in meiner vierten Mittheilung[2] dahin aus, dass: „wenn eine Parallelisirung zwischen gewöhnlichen sensiblen Nerven und Vagusfasern erfolgen soll, hiezu nur die inspiratorisch wirkenden Fasern in den Ramitracheales inferiores et pulmonales herangezogen werden können". Ich hatte wohl auch bei Erregung der gewöhnlichen sensiblen Nerven exspiratorische Wirkungen wahrgenommen, konnte aber diese mit den vom Vagus und seinen Zweigen aus zu erzielenden Hemmungswirkungen nicht identificiren.

Dieser Punkt ist aber ersichtlich für die Lehre von der Regulirung der Athembewegungen und für die Frage nach den

---

[1] Ein Beitrag zur Physiologie der Nervi phrenici. Pflüger's Archiv 1884, Bd. 33, p. 243.

[2] Sitzungsberichte der Wiener Akad. III. Abth., 88. Bd., Nov.-Heft 1883, p. 507.

Ursachen des Fortbestandes der Athmungsrhythmie nach Vagussection von grosser Bedeutung. Und so fand ich Anlass, die Wirkung der gewöhnlichen sensiblen Nerven auf die Athmung einer eingehenden Untersuchung zu unterziehen, deren Resultate in dem Folgenden dargelegt werden sollen.

Aus den Gründen, die ich bereits in meinen früheren Beiträgen auseinandergesetzt habe, benützte ich auch bei dieser Untersuchung vorzugsweise Kaninchen. Die folgenden Angaben beziehen sich daher, wo nicht ausdrücklich etwas Anderes bemerkt ist, nur auf diese Thiere.

Die Methoden zur Beobachtung der Athmung waren die früher bereits von mir bezeichneten. Die Kaninchen waren in der Regel nicht narkotisirt. Ich verkenne gar nicht, dass hiemit die Möglichkeit für die Interferenz psychischer Reflexe und willkürlicher Beeinflussung der Athmung durch die Versuchsthiere gegeben war. Allein einerseits liess sich durch vergleichende Versuche an narkotisirten oder enthirnten Thieren leicht ermitteln, wie viel von den Versuchsresultaten eventuell auf Rechnung dieser Factoren kam, und andererseits war es doch gerade wünschenswerth, den durch die Psyche etwa vermittelten Einfluss der Erregung sensibler Nerven auf die Athmung auch kennen zu lernen, um die Wirkung der letzteren vollständig zu überblicken.

Die Reizung selbst wurde wie bei den in meiner vierten Mittheilung beschriebenen Versuchen theils mit natürlichen Reizen von den Endorganen aus, theils mit künstlichen Reizen von den Nervenstämmen und -Zweigen aus bewirkt.

I. Inspiratorische Wirkung der Erregung sensibler Nerven.

Bei Kaninchen, die behufs Beobachtung der Athmung auf dem Czermak'schen Kaninchenhalter aufgespannt, und, abgesehen von dem Anlegen einer Trachealfistel oder dem Einführen einer Canüle in das Mediastinum, oft anderweitig gar nicht verletzt waren, beobachtete ich nicht selten ohne jede weitere äussere Einwirkung auf dieselben einen periodischen Wechsel in der Frequenz und Tiefe der Athmung oder in letzterer allein.

Die häufigeren Athemzüge waren dabei zumeist die flacheren und erfolgten in der Regel bei einer tieferen Mittellage des Zwerchfells (Taf. I, Fig. 1, 2). An der Athmungscurve prägt sich diese

Erscheinung durch flachere, längere Wellenlinien der Gesammtcurve aus, denen die einzelnen steilen und kurzen Athmungswellen aufgesetzt sind.

Der Verlauf der Gesammtcurve ähnelt hiebei sehr dem der Blutdruckscurve bei Bestand der von S. Mayer näher studirten spontanen Blutdruckschwankungen. An Thieren, bei denen gleichzeitig der Blutdruck verzeichnet wurde, konnten denn auch gewöhnlich jenen Athmungsperioden entsprechende Blutdruckschwankungen constatirt werden (Taf. I, Fig. 2).[1]

Eine nähere Beobachtung der Versuchsthiere lehrte, dass bei der jeweiligen Beschleunigung der Athmung gewöhnlich ein schauerartiges Erzittern das Thier durchlief.

Ganz ähnliche periodische Schwankungen der Athmung (und des Blutdruckes) konnte ich bei Thieren, bei denen sie spontan nicht vorkamen, erzielen, wenn ich periodisch die Bauchhaut derselben schwach anblies oder mit der Flachhand ganz leicht überfuhr, wobei die Beschleunigung der Athmung auf die Reizeinwirkung fiel, dieselbe aber gewöhnlich etwas überdauerte (Taf. I, Fig. 4). Eine rasch vorübergehende Beschleunigung und Abflachung der Athmung bei tieferer Mittellage des Zwerchfells ist übrigens gewöhnlich durch jede flüchtige Berührung des Kaninchens, namentlich der Bauchhaut, sowie durch leichte Erschütterung des Kaninchenhalters zu erzielen. Heftige Erschütterungen veranlassen meist Unruhe des Thieres und eine sehr jähe und tiefe Inspiration, der eine Reihe von beschleunigten, nicht selten bei höherem als dem normalen Zwerchfellstande und bei Flankenzusammenziehung erfolgenden Athemzügen sich anschliesst (Taf. II, Fig. 10).

Schwächeres Kneifen des Schwanzes oder einer hinteren Extremität führt Tiefstand des Zwerchfells herbei. Die Athmung ist dabei zumeist sehr abgeflacht, bald häufiger, bald seltener (Taf. I, Fig. 5); oft kommt es zu einem vollständigen Stillstand der Athmung in Inspirationsstellung. Starkes Kneifen führt zuweilen zum Schreien der Thiere, wobei sich in- und exspiratorische Wirkungen in einer später noch näher zu beschreibenden Weise

---

[1] Die einschlagenden Verhältnisse gedenke ich bei einer anderen Gelegenheit eingehender zu erörtern.

vermischen. Zumeist treten aber auch bei diesem Eingriff nur dieselben rein inspiratorischen Effecte auf wie bei schwächerem Kneifen. Unterbrochene mechanische Reizung der Haut, wie Krabbeln mittels der Finger oder Hin- und Herfahren mit einer Pinzette, löst regelmässig Beschleunigung der Athmung bei etwas tieferem Zwerchfellstande und zumeist auch geringe Abflachung der Athemzüge aus. Auch mechanische Reizung der Bindehaut des Auges führt zu Beschleunigung der Athmung bei Inspirationsstellung. Ein Gleiches tritt bei mechanischer Reizung der Auskleidung der Nasenöffnungen gewöhnlich ein, doch mischen sich bei diesem Eingriffe oft die durch das Niesen bedingten Veränderungen der Athmung ein.

Es bringt mithin die mechanische Reizung des Tastorganes bei Kaninchen, abgesehen von einer später hervorzuhebenden Stelle desselben, durchwegs inspiratorische Wirkungen hervor. in der Regel sind dabei die Athemzüge häufiger, bei mechanischen Dauerreizen (anhaltenderer Druck durch Kneifen) aber, kann es auch zum Seltenerwerden der Athmung bei Tiefstand oder zu kurzem, anscheinend vollständigem Stillstand des Zwerchfells kommen.

Ohne jede deutliche Einwirkung auf die Athmung fand ich dagegen das Tastorgan der Kaninchen treffende Temperaturreize. Um jede Interferenz mechanischer Erregung bei Prüfung dieser Reize auszuschliessen, nahm ich Erwärmung und Abkühlung der geschorenen vorderen Bauchwand mittels eines anliegenden dünnwandigen Blechgefässes vor. Durch ein gabelig getheiltes Rohr wurde diesem mittels Kaoutschuckschläuchen aus hochstehenden Behältern abwechselnd abgekühltes und erwärmtes Wasser zugeleitet, das durch ein anderes Kaoutschuckrohr abfloss, dessen Mündung in einem tiefer stehenden Behälter unter Wasser tauchte. Sobald die Luft aus dieser Vorrichtung verdrängt war, vollzog sich die Durchleitung des Wassers geräuschlos, was wegen der Wirkung, die Geräusche auf die Athmung ausüben können, wichtig ist. Die auf diese Weise vorgenommene, rasch wechselnde Erwärmung und Abkühlung der Bauchhaut fand ich wider Erwarten nicht nur bei Kaninchen, sondern auch bei Hunden, wenn nicht etwa Verbrennung in's Spiel kam, ohne jede erkennbare Einwirkung auf die Athmung und den Blutdruck — eine

Erfahrung, die für die Frage nach den Vorgängen bei der Wärmeregulirung dieser Thiere nicht ohne Bedeutung ist.

Auch bei der Lichtreizung des Auges fand ich in der Regel keine deutliche Veränderung der Athmung. Nur bei Albinokaninchen, die bekanntlich auf den Lichtreiz sehr empfindlich reagiren, fand ich eine deutlich ausgesprochene Beschleunigung der Athmung, wenn ich plötzlich helles Tageslicht oder gar Sonnenlicht in das vorher vor der Lichteinwirkung geschützte Auge einfallen liess. Aber in der Regel brachte dann nicht bloss die Belichtung, sondern auch die Verdunkelung diese Wirkung hervor (Taf. I, Fig. 7).

Um auch bei diesem Versuche jede Interferenz einer Erregung des Tastorganes zu vermeiden, wurde die Belichtung und Verdunkelung durch Verrückung eines leicht beweglichen Schiebers vorgenommen, welcher einen kreisförmigen Ausschnitt in einer vor dem Versuchsauge fixirten Blende deckte. Die Augenlider waren am Versuchsauge dauernd geöffnet und der Lichteinfall von anderer Seite her als durch die beiläufig in der Axe des Auges liegende Blendenöffnung durch Umhüllung des Kopfes des Versuchsthieres behindert.

Sehr wirksam ist hingegen bei den meisten Thieren der Schallreiz, der in der Regel eine sehr ausgesprochene Beschleunigung und Abflachung der Athmung bei Tiefstand des Zwerchfells hervorruft (Taf. I, Fig. 6). Selbst in der Nähe des Versuchsthieres erfolgendes Niesen, Räuspern oder Husten nach vorhergehender Stille, bewirkt dies nicht selten. Indessen stösst man auch auf einzelne Thiere, bei denen selbst laute Geräusche die Athmung unbeeinflusst lassen, wenn das Geräusch nicht etwa mit einer Erschütterung oder mit einem Anblasen derselben verknüpft ist.

Es rufen also die mannigfaltigsten, das Tastorgan oder das Gehör treffenden natürlichen Reize, wie solche im Verlaufe eines Versuches leicht zufällig auf das Versuchsthier einwirken können, einen Tiefstand des Zwerchfells hervor, der zumeist mit einer deutlichen Beschleunigung und Abflachung der Athmung verknüpft ist — ein Umstand, der bei Versuchen über die Athembewegungen an Kaninchen wohl zu beachten ist. Zieht man nun in Betracht, dass die am Eingang dieses Capitels beschriebenen spontanen Veränderungen der Athmung zumeist gleichartig sind,

und, wie dies auch nach Einwirkung jener natürlichen Reize oft zu sehen ist, häufig von schauerartigem Erzittern des Thieres begleitet sind, so wird man sich des Gedankens wohl kaum entschlagen können, dass jene spontanen Athmungsschwankungen, wie man sie der Analogie wegen wohl nennen kann, Ausdruck einer sensiblen Erregung sind, zu deren Entstehung vielleicht die Befestigung des Versuchsthieres auf dem Czermak'schen Kaninchenhalter Anlass gibt.

Bei schwach narkotisirten Hunden tritt auf Reizung des Tastorganes durch starken Druck oder Kneifen gewöhnlich eine die Reizeinwirkung überdauernde Reihenfolge von rasch auf einander folgenden jähen Exspirationsstössen ein — eine Reaction, welche bei den mannigfaltigsten Einwirkungen auf solche Versuchsthiere zu beobachten ist und den Eindruck eines psychischen Reflexes macht. Der Umstand aber, dass auch hier oft zuerst eine tiefe Einathmung zu beobachten ist, und dass man bei tief narkotisirten, in langen Pausen athmenden Hunden durch Einwirkung jener Reize während der Pause immer zuerst eine Einathmung auslöst, der eventuell eine ganze Reihe von Athmungen folgt, macht es wahrscheinlich, dass auch bei diesen Thieren der eigentliche, von der Psyche nicht beeinflusste Reflex von dem Tastorgan auf die Athmungsnerven im Allgemeinen ein inspiratorischer ist.

Ganz gleichartige Erfolge, wie durch die Einwirkung natürlicher Reize auf die Endausbreitung sensibler Nerven kann man auch durch künstliche Erregung der Nervenstämme erzielen, welche es ermöglicht, durch genauere Abstufung der Reizstärke die Wirkung schwächerer und stärkerer Erregung besser zu scheiden. Ich prüfte in Bezug hierauf den Nervus peronaeus, ischiadicus, saphenus major, cervicalis II, III et IV, glossopharyngeus, infraorbitalis, phrenicus, opticus, den Ramus lingualis Trigemini und den Facialis am Gänsefuss. Beim Durchschneiden oder Abschnüren aller dieser Nerven (Taf. I, Fig. 8), bei der mechanischen Reizung durch Reiben des centralen Stumpfes derselben[1] (Taf. I, Fig. 9 und 17), sowie bei der

---

[1] Beiträge zur Lehre von der Athmungsinnervation. Zweite Mittheilung. Sitzungsber. der Wiener Akad. III. Abth., 85. Bd., p. 58.

Anwendung schwächerer Inductionsströme (Taf. I, Fig. 12—15, 18, 19 und Taf. II, Fig. 3) sah ich Beschleunigung und Abflachung der Athmung bei Tiefstand des Zwerchfells oder einfachen Tiefstand des letzteren mit kaum angedeuteten Athemschwankungen eintreten. Unsicher und geringfügig war der Erfolg beim Phrenicus, den ich gewöhnlich an der rechten Seite, dicht über der oberen Brustapertur durchschnitt. Niemals genügte bei Verwendung von Inductionsströmen der am peripheren Stumpfe zureichende Minimalreiz, um vom centralen Stumpfe aus Wirkung zu erzielen.

In mehreren Fällen liess sich ein Einfluss der Reizung des centralen Phrenicusstumpfes auf die Athmung überhaupt nicht nachweisen, und wenn ich nicht in einzelnen Fällen bei vorsichtiger mechanischer Reizung Wirkung erzielt und durch vergleichende Reizung dies- und jenseits einer Quetschungsstelle am Nerven den Verdacht, dass der Erfolg der elektrischen Reizung nur auf Stromschleifen zu beziehen ist, ausgeschlossen hätte, würde ich Bedenken tragen, der centripetalen Phrenicusreizung beim Kaninchen überhaupt eine Wirkung auf die Athmung zuzuschreiben. Ausgeprägter sind die Erfolge der Phrenicusreizung bei Hunden, bei welcher es, ebenso wie bei der Reizung anderer sensibler Nerven, zu der früher geschilderten Reihe von Exspirationsstössen kommt. Jedoch stösst man zuweilen auch auf Hunde, welche gar keine Einwirkung der Phrenicusreizung auf die Athmung erkennen lassen, was wohl auch Anrep und Cybulski begegnet sein muss, da sie am Eingang ihrer Abhandlung (l. c. p. 243) bemerken, dass sie „mitunter“ fanden, dass die nervi phrenici gemischte Nerven sind.

Beim Abschnüren des Ischiadicus oder der Cervicalnerven kam es zuweilen, bei Erregung der meisten angeführten sensiblen Nerven durch starke Inductionsströme in der Regel statt zu den geschilderten rein inspiratorischen Wirkungen zum Schreien.[1] Doch kamen mir einerseits Thiere vor, bei denen durch gar keinen Reiz Schreien hervorgerufen werden konnte, während andererseits selbst bei Thieren, die verhältnissmässig leicht zum Schreien zu

[1] Rosenthal (Hermann's Handbuch der Physiologie IV. Bd., II. Theil, p. 252) erhielt durch elektrische Reizung des Nervus cruralis bei nicht narkotisirten Thieren Schreien, bei narkotisirten Thieren aber keinen merklichen Einfluss auf die Respiration.

bringen waren, sogar die Reizung mit den stärksten Inductionsströmen von gewissen Nerven aus nur Beschleunigung der Athmung oder Tiefstand des Zwerchfells mit zuweilen kaum angedeuteten Athemschwankungen desselben, also stets nur inspiratorische Wirkungen bedingte. Diese Nerven waren der Glossopharyngeus,[1] Opticus, Phrenicus und Ramus lingualis Trigemini. Vom Infraorbitalis aus erhielt ich selten Schreien, wohl aber bei Reizung mit stärkeren Inductionsströmen später noch zu beschreibende rein exspiratorische Wirkungen.

Reizung der sensiblen Nerven durch den Eigenstrom in der Art, wie ich sie am Halsvagus durchgeführt habe[2] (Taf. I, Fig. 10 und 11) oder durch den constanten Strom führte, wenn ein Erfolg eintrat, stets zu Beschleunigung und Abflachung der Athmung bei Inspirationsstellung. Bei Verwendung eines Daniell (unpolarisirbare Elektroden) erhielt ich gewöhnlich bei beiden Stromesrichtungen Schliessungs- und Öffnungs-, nie aber eine deutliche Dauerwirkung (Taf. II, Fig. 1, 2).

II. Exspiratorische Wirkung der Erregung sensibler Nerven.

Es wurde schon im vorhergehenden Capitel erwähnt, dass Reizung des Tastorganes durch Kneifen bei Kaninchen öfter zum Schreien führt und dass diese Wirkung durch Erregung der sensiblen Nerven mit starken Inductionsströmen sogar gewöhnlich zu erzielen ist. Die Reizung mit fortschreitend verstärkten Inductionsströmen gibt zugleich Gelegenheit, sich davon zu überzeugen, dass eine Stufenfolge solcher Reizungen gewöhnlich zuerst zu schwacher, dann zu stärkerer Beschleunigung und Abflachung der Athmung bei tieferer Mittellage des Zwerchfells, weiters zu einem Tiefstand des letzteren ohne oder mit kaum angedeuteten Athemschwankungen und endlich zum Schreien

[1] Bei Glossopharyngeusreizung sah ich oft schmatzende Bewegungen der Lippen und der Zunge und Schluckbewegungen und fast stets eine Drehung des Kopfes und, bei Verwendung stärkerer Ströme, wohl auch des Rumpfes nach der Gegenseite eintreten. Letztere Erscheinung legte mir den Gedanken nahe, dass bei dem sogenannten elektrischen Schwindel, bei Durchleitung eines Stromes von einem Ohr zum anderen, Reizung der Glossopharyngeuszweige im Mittelohr betheiligt sein könnte. Doch ist mir die Herstellung eines Beweises hiefür bisher nicht geglückt.

[2] Erster Beitrag, l. c. p. 7—10.

führt (Taf. I, Fig. 13—16). Die Veränderungen der Athmung bei letzterem, die schon Rosenthal (l. c.) als einen Wechsel von In- und Exspirationen bezeichnete, bestehen hauptsächlich in einer Reihe tetanischer, mit weitem Auseinanderreissen der Lippen verknüpften Exspirationen von bald längerer, bald kürzerer Dauer, die bei Thieren, bei denen keine Trachealfistel besteht, mit lautem Geschrei verknüpft sind. Dieser Reihe von Exspirationen geht in der Regel eine kleine Anzahl beschleunigter und abgeflachter Athmungen bei Inspirationsstellung oder eine einzige sehr vertiefte Inspiration vorher. Nachher geht das Zwerchfell plötzlich in Tiefstand über und die Athmung ist zunächst in der Regel abgeflacht und beschleunigt (Taf. I, Fig. 16). Der Ablauf dieser Erscheinungen ist so typisch, dass man gewöhnlich aus der Athmungscurve allein entnehmen kann, wann das Thier geschrieen hat. Dass ich bei einzelnen Thieren und von gewissen Nerven aus bei allen Thieren kein Schreien hervorrufen konnte, habe ich bereits früher hervorgehoben.

Bei Reizung des Infraorbitalis erhielt ich nur ausnahmsweise Schreien. Dagegen sah ich hier bei Verwendung starker Ströme eine bedeutende, vorwaltend exspiratorische Verlangsamung der Athmung oder einen vollständigen Stillstand bei Exspirationsstellung eintreten (Taf. II, Fig. 4, 5). Ähnliche Wirkungen kann man durch starken Druck auf die Haut in der Gegend, in welcher der Infraorbitalis verläuft (Taf. II, Fig. 9), sowie bekanntlich durch Reizung der Nasenschleimhaut erzielen.

Dass Zerren am Darm zu gleichartigen Veränderungen der Athmung führt, habe ich in meiner vierten Mittheilung (l. c. p. 504) berichtet und hervorgehoben, aus welchen Gründen angenommen werden muss, dass dies bei Kaninchen wesentlich auf einer Erregung von Splanchnicusfasern beruht. Ich habe mich seitdem durch besondere Versuche von der Richtigkeit der Angaben Graham's über die Wirkung der electrischen Splanchnicuserregung überzeugt (Taf. II, Fig. 6—8).

III. Wirkung der Erregung sensibler Nerven bei verschiedenen Zuständen des Athemcentrums.

In meinem dritten Beitrage zur Lehre von der Athmungsinnervation habe ich bereits berichtet, dass akustische Erregung

während einer durch künstliche Ventilation herbeigeführten Apnoe zur Contraction inspiratorisch wirkender Muskeln führt; dass aber die Serie von beschleunigten Athemzügen, welche man sonst bei solcher Erregung wahrnimmt, unter diesen Umständen fehlt oder nur rudimentär entwickelt ist.[1] Ganz dasselbe gilt von den übrigen inspiratorisch wirkenden sensiblen Erregungen, welche im ersten Capitel des vorliegenden Beitrages angeführt sind. Hinzuzufügen habe ich aber, dass solche Erregungen, wenn man sie kurz vor dem Zeitpunkt einwirken lässt, in welchem nach Analogie vorhergehender Versuche das Wiedereintreten der Athmung zu erwarten war, die Apnoe unterbrechen und den etwas verfrühten Beginn der Athmung bedingen können, eine Erfahrung, die ich auf Grund meiner Versuche über Apnoe so deuten möchte, dass zu einer Zeit, wo das Athmungscentrum noch nicht wieder so erregbar ist, um durch den gegebenen Blutreiz zur Thätigkeit angeregt zu werden, jene sensible Erregungen hinreichen, um eine solche Thätigkeit herbeizuführen. In Übereinstimmung hiemit steht es, dass man bei tief narkotisirten Thieren, welche in Pausen athmen, durch eine im Verlauf der Pause einwirkende sensible Erregung eine die Reizeinwirkung oft lange überdauernde Reihe von Athmungen auslösen kann. Währen in solchen Fällen die Pausen sehr lang, was insbesondere bei jungen Hunden leicht zu erzielen ist, und auf eine tief gesunkene Erregbarkeit des Athmungscentrums deutet, so gelingt jener Versuch weit sicherer im späteren Verlauf, als zu Anfang der Pause. Bei Thieren, welche während der spontanen Athmung die am Eingang des I. Capitels beschriebenen periodischen Veränderungen der Athmung erkennen lassen, treten nicht selten im Verlauf einer durch künstliche Ventilation herbeigeführten Apnoe unter schauerartigem Erzittern einige vereinzelte Inspirationen ein (Taf. II, Fig. 11).

Im Gegensatz zu den inspiratorisch wirkenden sensiblen Erregungen führen die zum Schreien Anlass gebenden sensiblen Erregungen schon zu Beginn einer durch künstliche Ventilation hervorgerufenen Apnoe zur Unterbrechung derselben. Der Verlauf der Athmungen ist dabei im Ganzen der für das Schreien typische, doch kann nach Ablauf der Exspirationen neuerdings Apnoe eintreten, so dass das Zwerchfell wohl zunächst in den Tiefstand über-

[1] Sitzungsber. der Wiener Akad. 86. Bd., III. Abth., 1882, p. 111.

geht, aus diesem jedoch ohne alle Athemschwankungen wieder in die Ruhelage zurückkehrt (Taf. II, Fig. 13). Der Zeitraum vom Aussetzen der künstlichen Ventilation bis zum Wiederbeginn der spontanen Athmung kann dabei dem einer unter gleichen Bedingungen herbeigeführten, normal ablaufenden Apnoe vollständig gleich (Taf. II, Fig. 12 und 13), unter Umständen aber auch erheblich grösser sein.

Lässt man während einer durch Erregung des Halsvagus oder seiner Zweige herbeigeführten exspiratorischen Verlangsamung der Athmung eine der im ersten Capitel angeführten (inspiratorischen) sensiblen Erregungen einwirken, so wird die Athmung beschleunigt und unter Umständen für die Dauer jener zweiten Erregung ganz zur ursprünglichen Frequenz und Beschaffenheit zurückgeführt (Taf. II, Fig. 14). Während der durch Reizung der Nasenschleimhaut herbeigeführten Hemmung der Athmung fand ich zur Zeit des ersten langen, mit starker Contraction der Flankenmuskeln verknüpften Stillstandes der Athmung die inspiratorisch wirkenden Reize unwirksam, oder es trat nur eine einzige ganz träge und seichte Inspiration auf. Während der später folgenden, noch auffallend verlangsamten Athmungen erhielt ich durch dieselben bald vorübergehende, bald dauernde Beschleunigung. Die zum Schreien führenden starken Reize unterbrechen auch jenen ersten langen Athmungsstillstand stets sofort. Nach Beendigung des Schreiens kann sich die Athmungshemmung aber immer noch geltend machen.

Zu Beginn einer durch Athmung aus einem kleinen Luftraum herbeigeführten Dyspnoe fand ich sowohl die inspiratorisch als die exspiratorisch wirkenden sensiblen Erregungen sehr wirksam. Selbst zur Zeit, wo der Blutdruck bereits sehr gesteigert war, Vaguspulse und tetanische Exspirationen bestanden, konnte ich noch durch Reizung des Tastorganes inspiratorische Beschleunigung und von der Nasenschleimhaut aus exspiratorischen Stillstand der Athmung erzielen. Erst unmittelbar vor dem Ausbruch der Erstickungskrämpfe war keine deutliche Wirkung dieser Reize auf die Athmung mehr zu bemerken. Nach Ablauf einer solchen Dyspnoe zeigte sich die Reflexerregbarkeit der Thiere gewöhnlich auch mit Bezug auf die inspiratorisch wirkenden sensiblen Erregungen gesteigert.

IV. Wirkung der Erregung sensibler Nerven bei narkotisirten oder enthirnten Thieren.

Bei stärker narkotisirten Thieren (Injection von 0·35—1·0 Chlorhydrat oder 0·04—0·06 Morphium purum in eine Jugularvene) rufen die früher angegebenen inspiratorisch wirkenden sensiblen Reize in der Regel zunächst eine sehr gedehnte, gewöhnlich auch vertiefte Inspiration hervor, der entweder eine kleine Zahl von vertieften, meist etwas beschleunigten (Taf. II, Fig. 15; Taf. III, Fig. 2), oder eine Reihe etwas abgeflachter, stark beschleunigter Athemzüge folgt (Taf. III, Fig. 3).

Die Verwendung starker Inductionsströme oder kräftiges Kneifen führt gewöhnlich zu anhaltendem Tiefstand des Zwerchfelles, wobei manchmal die Athemschwankungen kaum angedeutet sind, manchmal aber auch erheblich verlangsamte flache Athembewegungen zu constatiren sind (Taf, III, Fig. 1, 4). Ausnahmsweise kann man aber auch bei stark narkotisirten Thieren durch diese Reize Schreien auslösen; die Exspirationen sind dabei jedoch gedehnter und minder zahlreich als bei nicht narkotisirten Thieren, und die Zusammenziehung der Flanken weniger kräftig (Taf. III, Fig. 6). Den Lichtreiz fand ich bei tief narkotisirten Thieren nie, und den Schallreiz nur ausnahmsweise und in geringem Masse wirksam. Reizung des Splanchnicus oder Infraorbitalis mit starken Strömen wirkt wie bei nicht narkotisirten Thieren. Es sind aber hiefür, ebenso wie für Erzielung der inspiratorischen Reflexe, im Allgemeinen, namentlich bei chloralisirten Thieren, stärkere Reize nothwendig, wie vor der Narkose.

Etwas lebhafter und bei schwächeren Reizen eintretend als bei tief narkotisirten Thieren findet man gewöhnlich die angegebenen Reflexe bei Thieren, denen man das Grosshirn exstirpirt hat (Taf. III, Fig. 7—9). Doch ist die Lebhaftigkeit der Reaction in den einzelnen Versuchen verschieden, was vielleicht von der jeweiligen Grösse der Blutung und den anderen wechselnden Nebenumständen bei der Operation abhängt.

Bei einem der Thiere, das eine Steigerung der Reflexe nach der Enthirnung erkennen liess, trat nach dieser Operation für einige Zeit eine sehr ausgeprägte, mit Schauer einhergehende, spontane periodische Beschleunigung der Athmung auf (Taf. I, Fig. 3). Auch bei enthirnten Thieren fand ich den Lichtreiz gar

nicht wirksam, und zwar selbst bei Albinos, deren Pupille nach der Enthirnung auf Licht noch sehr lebhaft reagirte. Schallreiz rief in ein paar Fällen sehr ausgesprochene inspiratorische Beschleunigung, in der Mehrzahl der Fälle aber keine deutliche Wirkung hervor.

Selbst bei Thieren, denen ich Gross- und Kleinhirn und die Stammganglien exstirpirt hatte, konnte ich noch mit mässigen Reizen Beschleunigung der Athmung oder anhaltenden Tiefstand des Zwerchfells, Stillstand der Athmung in Exspirationsstellung und Schreien hervorrufen. Die Exstirpation des Gehirnes selbst ruft wie die Durchschneidung des Rückenmarkes in der Regel eine mehr oder weniger lang anhaltende starke Beschleunigung der Athmung, eine Art von Athmungssturm hervor, was wohl auch auf die dabei stattfindenden sensiblen Erregungen zu beziehen ist.

SCHLUSS.

Aus den mitgetheilten Versuchsresultaten geht hervor, dass ein wesentlicher Unterschied in der Wirkung sensibler Erregungen auf die Athmung bei nicht narkotisirten, narkotisirten und enthirnten Thieren im Allgemeinen nicht zu finden ist. Die Reizwirkungen sind in der Regel bei nicht narkotisirten Thieren intensiver, namentlich die Beschleunigung und Abflachung der Athmung einerseits, und die Contraction der Ausathmungsmuskeln anderseits, gewöhnlich ausgesprochener; es besteht aber im Allgemeinen kein principieller Unterschied. Nicht eine Abänderung, sondern höchstens eine Verstärkung der Reflexe auf die Athmung scheint daher die gleichzeitige Einwirkung der sensiblen Erregungen auf die Psyche zu bedingen.

Eine besondere Stellung in Bezug hierauf nehmen aber unter den Nerven, die ich geprüft habe, der Opticus und Acusticus ein. Da ich die Lichtreizung bei narkotisirten und enthirnten Thieren nie, bei normalen, sehr lichtempfindlichen Thieren aber sowohl Belichtung als Verdunkelung in gleicher Weise wirksam fand, muss ich den durch Lichtreizung ausgelösten Reflex auf die Athmung als einen psychischen ansehen.

Auch bei den Wirkungen der Schallreizung auf die Athmung scheint der psychische Reflex wesentlich betheiligt zu sein, wie

ich aus dem Umstande erschliessen muss, dass Narkose oder Enthirnung bei einigen Thieren die vorher deutlich ausgeprägten Wirkungen solcher Reizung vernichtete. Indessen gestattet es mir der Umstand, dass ich bei ein paar Thieren auch nach der Exstirpation des Grosshirnes durch den Schallreiz noch ausgesprochene inspiratorische Beschleunigung der Athmung erzielte, nicht, diesen Reflex als einen ausschliesslich psychischen anzusehen.

Nach ihren Wirkungen auf die Athmung zerfallen die von mir geprüften sensiblen Nerven in drei Kategorien, und zwar in:

1. Solche, deren Erregung nur inspiratorische,
2. solche, deren Erregung nur exspiratorische,
3. solche, deren Erregung sowohl in- als exspiratorische Wirkungen bedingt.

Zur ersten Kategorie gehören der Glossopharyngeus, Phrenicus, Ramus lingualis Trigemini und Opticus. Ob der Acusticus auch hierher gehört, muss ich fraglich lassen, da ich nicht den Nervenstamm selbst mit verschieden starken Strömen gereizt habe.

Zur zweiten Kategorie gehört der Splanchnicus. Beim Abschnüren des Nerven, sowie bei seiner elektrischen Reizung kann wohl manchmal Unruhe des Thieres den Reizerfolg etwas trüben. Bei vorsichtiger, fortschreitend verstärkter Reizung mit dem Inductionsstrom aber fand ich vom wirksamen Reizminimum an, den Erfolg stets exspiratorisch.

In die dritte Kategorie gehören dann die übrigen von mir geprüften Nerven. Bei diesen rufen durchwegs die schwächeren Reize nur inspiratorische Effecte hervor, was schon einen Unterschied gegenüber dem Halsvagus bedingt. Vollends verschieden ist ferner die Art der exspiratorischen Wirkungen, welche man mit stärkeren Reizen von den meisten dieser Nerven gewinnt, von jener, welche die Erregung der exspiratorisch wirkenden Fasern des Vagus hervorbringt. Die typische Form der Athemcurve, das Aufreissen der Lippen und bei nicht tracheotomirten Thieren das Geschrei, unterscheiden diese Reizwirkung ganz scharf von den zu exspiratorischer Verlangsamung oder zu exspiratorischem Stillstand der Athmung mit Glottisverschluss führenden Hemmungswirkungen, die man vom Vagus und seinen Zweigen aus erhält. Auch der Umstand, dass die ersteren exspiratorischen Wirkungen sowohl die durch künstliche Ventilation

herbeigeführte Apnoe, als den von der Nasenschleimhaut aus erzeugten exspiratorischen Stillstand unterbrechen, unterscheidet jene beiden Reflexe von einander. Eher liesse sich noch der vom Recurrens auszulösende Husten, der auch die Apnoe unterbrechen kann, mit dem Schreireflex vergleichen. Doch bedarf es wohl keiner besonderen Auseinandersetzung darüber, dass auch bezüglich dieser beiden Reflexe nicht unwesentliche Verschiedenheiten bestehen. Beide Reflexe werden übrigens nur durch stärkere Reizung ausgelöst, und durch die Narkose sehr beeinträchtigt, und müssen als Schmerzwirkungen angesehen werden, können aber beide nicht lediglich als psychische Reflexe betrachtet werden, da sie auch bei enthirnten Thieren auftreten.

Durchaus ähnlich sind dagegen die vom Trigeminus und Splanchnicus aus zu erzielenden exspiratorischen Wirkungen, mit den von den exspiratorischen Vagusfasern aus hervorzurufenden Hemmungswirkungen. Auch zwischen den von den gewöhnlichen sensiblen Nerven und von den inspiratorisch wirkenden Vagusfasern aus auszulösenden inspiratorischen Reflexen besteht ein wesentlicher Unterschied nicht, und die bemerkbaren Verschiedenheiten in der Erscheinungsform beider Reflexe dürfen wohl darauf bezogen werden, dass bei elektrischer Halsvagusreizung die Hemmungsfasern immer gleichzeitig mit den inspiratorisch wirkenden Fasern erregt werden.

Der Umstand, dass die gewöhnlichen sensiblen Nerven, abgesehen vom Trigeminus und Splanchnicus keine den Hemmungsfasern des Vagus entsprechenden exspiratorischen Fasern enthalten, steht im Einklange damit, dass man nach Durchschneidung beider Vagi durch die Aufblasung der Lungen, die doch zur Zerrung an gewöhnlichen sensiblen Nerven führen muss, keine Athmungshemmung mehr erhält. Aus Letzterem geht zugleich hervor, dass die einfache passive Abwärtsbewegung des Zwerchfells wenigstens nicht zu einer genügenden Erregung der hemmenden Fasern im Splanchnicus, die Graham als ein „neues specifisches regulatorisches Nervensystem des Athmungscentrums" bezeichnet, führt. Ich habe mich aber ferner davon überzeugt, dass selbst die kräftigste active Abwärtsbewegung des Zwerchfells nicht zu einer Hemmung der Athmung durch die Splanchnici und hiedurch zu einer Regulirung derselben Anlass gibt.

Wenn man den peripheren Stumpf des Phrenicus entsprechend reizt — es genügten bei meinen Versuchen hiezu in der Regel schon Inductionsströme bei 30—42 Ctm. Rollenabstand, 1 Daniell — so geht das Zwerchfell in den Tiefstand über und vollführt dann im Tiefstand eine Reihe von Athemschwankungen in erheblich seltenerer Aufeinanderfolge als vor und nach der Reizung. Die Inspirationen sind dabei sehr jäh und kurzdauernd und die Exspirationen gedehnt (Taf. III, Fig. 10). Die Inspection lehrt zugleich, dass letztere sich unter ungemein kräftiger Zusammenziehung der Flankenmuskeln vollziehen. Es geht aber nicht an, dies Seltenerwerden der Athmung und die kräftige Erregung der Flankenmuskeln unter diesen Umständen auf eine Reizung der Splanchnici zu beziehen, denn beides entfällt nach Durchschneidung der beiden Halsvagi (Taf. III, Fig. 11). Es scheint mir gerade dieser Versuch, bei dem das Zwerchfell ja noch tiefer herabsteigt, als dies bei der spontanen Inspiration, selbst nach Vagusdurchschneidung geschieht, recht geeignet, die regulatorische Einwirkung der Vagi auf die Athmung und das Eine anschaulich zu machen, dass die Zwerchfellscontraction keine anderen regulatorischen Nervenfasern erregt, als Vagusfasern.

Dies durch den Tiefstand des Zwerchfells bei erhaltenen Vagis bedingte Seltenerwerden der Athembewegungen ist als Interferenzerscheinung bei den Wirkungen, welche die Erregung sensibler Nerven auf die Athmung ausübt, in Betracht zu ziehen. Insbesondere die an den dauernden Tiefstand des Zwerchfells bei solcher Erregung oft geknüpfte Verlangsamung der Athmung (Taf. III, Fig. 1, 4) findet hiedurch Erklärung.

Dass wir in den vom Trigeminus und Vagus auszulösenden exspiratorischen Reflexen Schutzvorrichtungen von hoher Zweckmässigkeit erkennen müssen, habe ich bereits in meiner vierten Mittheilung betont, ebenso dass die an den Unterleibseingeweiden sich verbreitenden, die Athmung hemmenden Nervenfasern Schutz gegen eine Steigerung bestehender sensibler Erregungen an den Unterleibseingeweiden (unter pathologischen Verhältnissen) durch allzutiefes Herabsteigen des Zwerchfells gewähren können (l. c. pag. 507).

Der Schreireflex scheint sehr geeignet bei Einwirkung schmerzhafter Reize entweder andere Individuen zur Hilfe

herbeizurufen, oder eventuell das reizende Individuum abzuschrecken.

Forscht man nun, ausgehend von der Zweckmässigkeit der Athmungsreflexe nach der Bedeutung der von den sensiblen Nerven auszulösenden inspiratorischen Wirkungen, so drängt sich der Gedanke auf, dass die mannigfaltigen, im gewöhnlichen Leben die sensiblen Nerven treffenden Erregungen nebenbei den Athmungsnerven eine gewisse Anregung zuzuführen haben, also eine Art von Antrieb für die Athembewegungen bilden. Die mit anderweitigen Zeichen sensibler Erregung verbundene periodische Beschleunigung der Athmung, welche ich im ersten Capitel dieser Mittheilung beschrieben habe, und die Möglichkeit, lange Athmungspausen bei narkotisirten Thieren mittels sensibler Erregung zu unterbrechen, spricht zu Gunsten einer solchen Annahme, für welche vielleicht auch das Seltenerwerden der Athemzüge bei dem natürlichen, sowie bei dem durch Narkotika herbeigeführten Schlaf geltend gemacht werden kann.

Muss man hienach eine Verknüpfung der sensiblen Nerven mit dem Athemcentrum selbst annehmen, so ist es anderseits aber auch mindestens sehr wahrscheinlich, dass eine directe Verknüpfung dieser Nerven mit den spinalen Centren der zu den Inspirationsmuskeln ziehenden motorischen Nerven besteht. Schon der Umstand, dass man während einer durch künstliche Ventilation hervorgerufenen Apnoe mittels sensibler Erregungen keine Reihenfolge von Athmungen, wohl aber eine isolirte kräftige Contraction von Einathmungsmuskeln auslösen kann, spricht hiefür. Ich möchte weiter zu Gunsten einer solchen Ansicht den Erfolg sensibler Erregungen nach bleibender Vernichtung der spontanen Athmung durch Durchschneidung des Rückenmarkes am ersten Halswirbel anführen. Reizt man bei einem derartigen Versuchsthiere den Nervus ischiadicus mit stärkeren Inductionsströmen, so folgt unmittelbar nach der Operation auf jede wirksame Reizung eine kräftige Reflexbewegung im Vorder- und Hinterkörper, die mit einer isolirten, tiefen, jähen Einathmung verknüpft ist. Etwas später sind die Reflexbewegungen im Vorderkörper und die Einathmungen selbst bei verstärktem Reiz sehr abgeschwächt, und noch später kann man auch bei neuerlicher Verstärkung des Reizes nur leichte Reflexbewegungen im Hinter-

körper, aber keine Contraction im Vorderkörper und den Einathmungsmuskeln mehr erzielen.

Ohne mich hier schon in eine Erörterung der Frage nach der Existenz eines spinalen Athmungscentrums überhaupt einzulassen, muss ich doch hervorheben, dass mir das angegebene Resultat jenes, vorher schon von Langendorff[1] ausgeführten Versuches sehr dafür zu sprechen scheint, dass die sensiblen Rückenmarksnerven mit den die Einathmungsmuskeln versorgenden Spinalnerven im Rückenmark zu einem einfachen Reflexbogen verknüpft sind, und dass die Erregung jener Nerven unter den gewöhnlichen Verhältnissen daher nicht bloss zu einer Anregung des Athmungscentrums selbst, sondern auch zu einer directen Erregung der spinalen Centren der die Einathmungsmuskeln beherrschenden Nerven führen dürfte. Aus der Interferenz der vom Athmungscentrum und von jenen spinalen Centren ausgehenden Erregungen dürften dann die mannigfachen Combinationen von Beschleunigung der Athmung und Tiefstand des Zwerchfells, und das jeweilige Überwiegen der einen oder anderen Wirkung bei Erregung der sensiblen Nerven zu erklären sein, wobei etwa noch hervorzuheben wäre, dass jene Reize, welche zu einer besonders jähen und kräftigen Contraction des Zwerchfells führen, gewöhnlich auch ausgebreitetere Reflexe auf die Skeletmusculatur hervorrufen.

Erklärung der Abbildungen.

Die nicht näher bezeichneten Curven geben die Athmung, die mit „Bd.“ bezeichneten Curven den Blutdruck in der Carotis wieder. Die niederen senkrechten Striche auf der Abscisse markiren Secunden, die höheren durch eine zweite Horizontale mit einander verbundenen Striche Eintritt und eventuell Dauer eines Eingriffes. Die Athmungscurven wurden fast durchaus durch Verzeichnung der in einen geschlossenen Luftraum erfolgenden Exspiration erhalten. Nur Fig. 14 auf Taf. II wurde durch Verzeichnung der Athmung vom Mediastinum aus gewonnen. Die Curven sind von links nach rechts zu lesen. „J. R. A.“ bedeutet Verwendung eines mit 1 Dan. armirten Inductoriums nach Du Bois-Reymond bei dem ange-

[1] Studien über die Innervation der Athembewegungen. Du Bois-Reymond's Archiv. Jahrgang 1880, pag. 520.

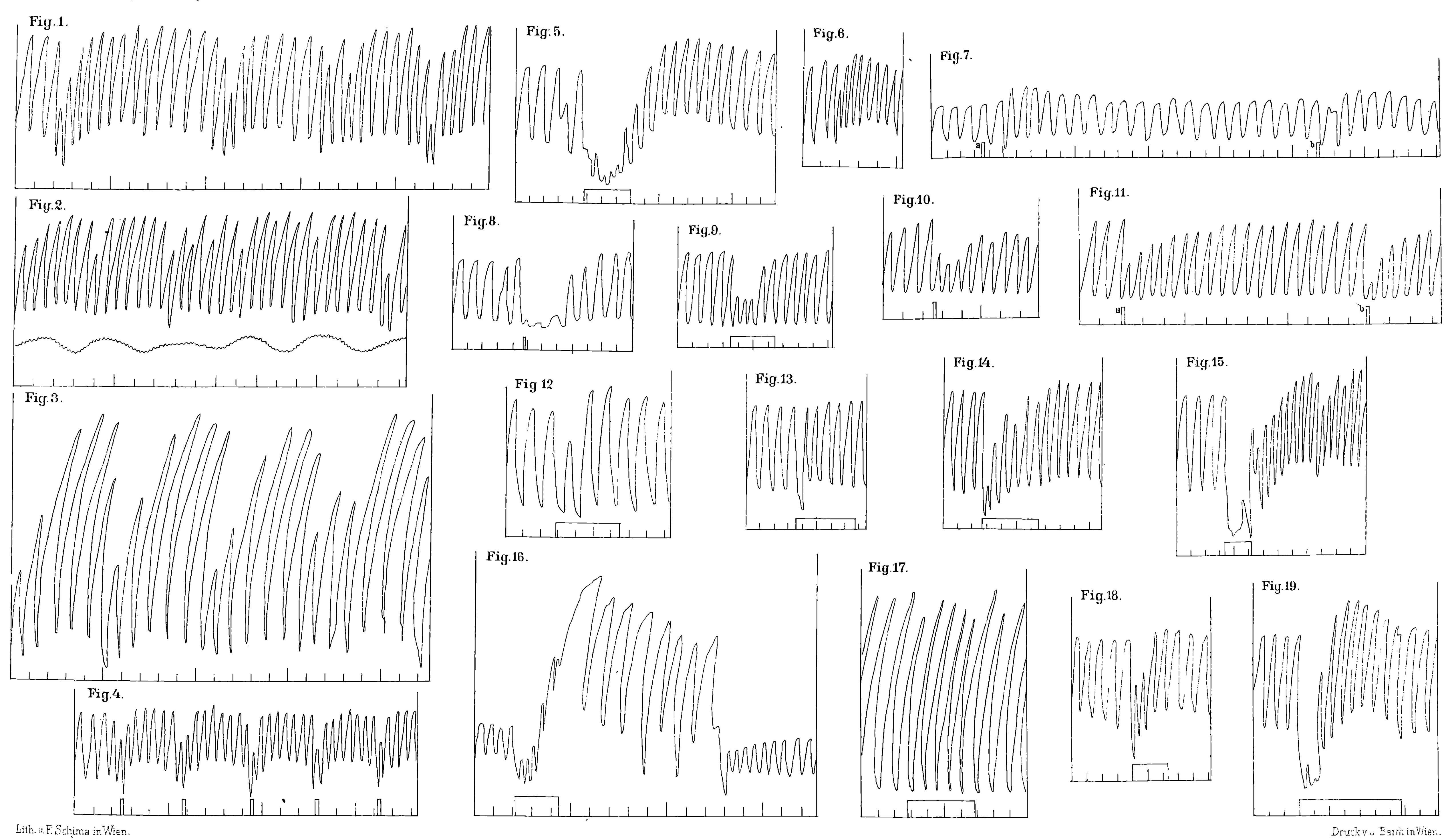
gebenen Rollenabstand. Wo nichts Näheres hierüber bemerkt ist, bezieht sich die Reizung der Nerven selbst stets auf den centralen Stumpf. Sämmtliche Curven wurden von Kaninchen abgenommen. Narkose der Versuchsthiere wird besonders bemerkt.

Tafel I.

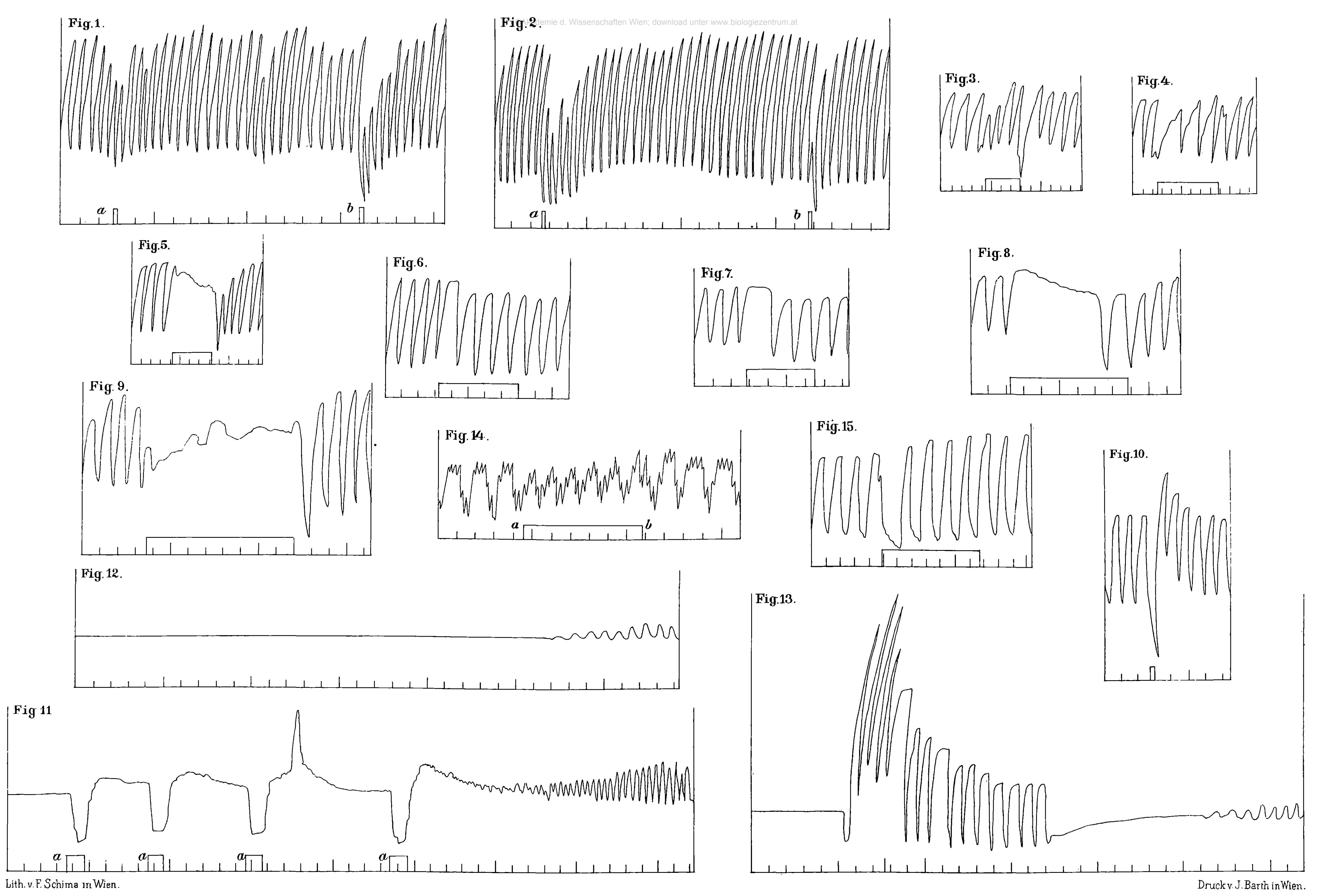
Fig. 1. Spontane Athem-, Fig. 2 spontane Athem- und Blutdruckschwankungen.
3. Spontane Athemschwankungen bei einem Thiere, dem das Grosshirn exstirpirt worden war.
4. Durch Anblasen der Bauchhaut erzeugte Athemschwankungen.
5. Kneifen des Schwanzes.
6. Schallreizung.
7. Bei *a* Belichtung, bei *b* Verdunkelung des Auges. Albino.
8. Abschnüren eines Cervicalnerven.
9. Reizung eines Cervicalnerven durch Reiben.
10. Auftropfen von 0·6% Kochsalzlösung auf den Nervus saphenus major.
11. Bei *a* Abheben des Saphenus major von, bei *b* Senken auf Muskeln.
12. Reizung des Opticus in der Orbita. J. R. A. 15.
13. Reizung des Saphenus major. J. R. A. 38.
14. Ebenso. J. R. A. 25.
15. Ebenso. J. R. A. 20.
16. Ebenso. J. R. A. 15.
17. Reizen des Phrenicus durch Reiben.
18. Reizung des Glossopharyngeus. J. R. A. 22.
19. Ebenso. J. R. A. 15.

Tafel II.

Fig. 1. Bei *a* Schluss, bei *b* Öffnen eines absteigenden Stromes am Saphenus major. 1 Dan.
2. Ebenso eines aufsteigenden Stromes. 1 Dan.
3. Reizung des Infraorbitalis J. R. A. 25.
4. Ebenso. J. R. A. 12.
5. Ebenso. J. R. A. 5. (Fig. 3—5 auf die Hälfte der Originalgrösse verkleinert.)
6. Reizung des Splanchnicus. J. R. A. 15.
7. Ebenso. J. R. A. 10.
8. Ebenso. J. R. A. 5.
9. Druck auf die Infraorbitalgegend.
10. Heftige Erschütterung des Thieres.
11. Durch künstliche Ventilation herbeigeführte Apnoe. Bei *a* schauerartiges Erzittern des Thieres.
12. Normaler Ablauf einer durch künstliche Ventilation hervorgerufenen Apnoe.



Lith. v. F. Schima in Wien. Druck v. J. Barth in Wien.



Lith. v. F. Schima in Wien.

Druck v. J. Barth in Wien.

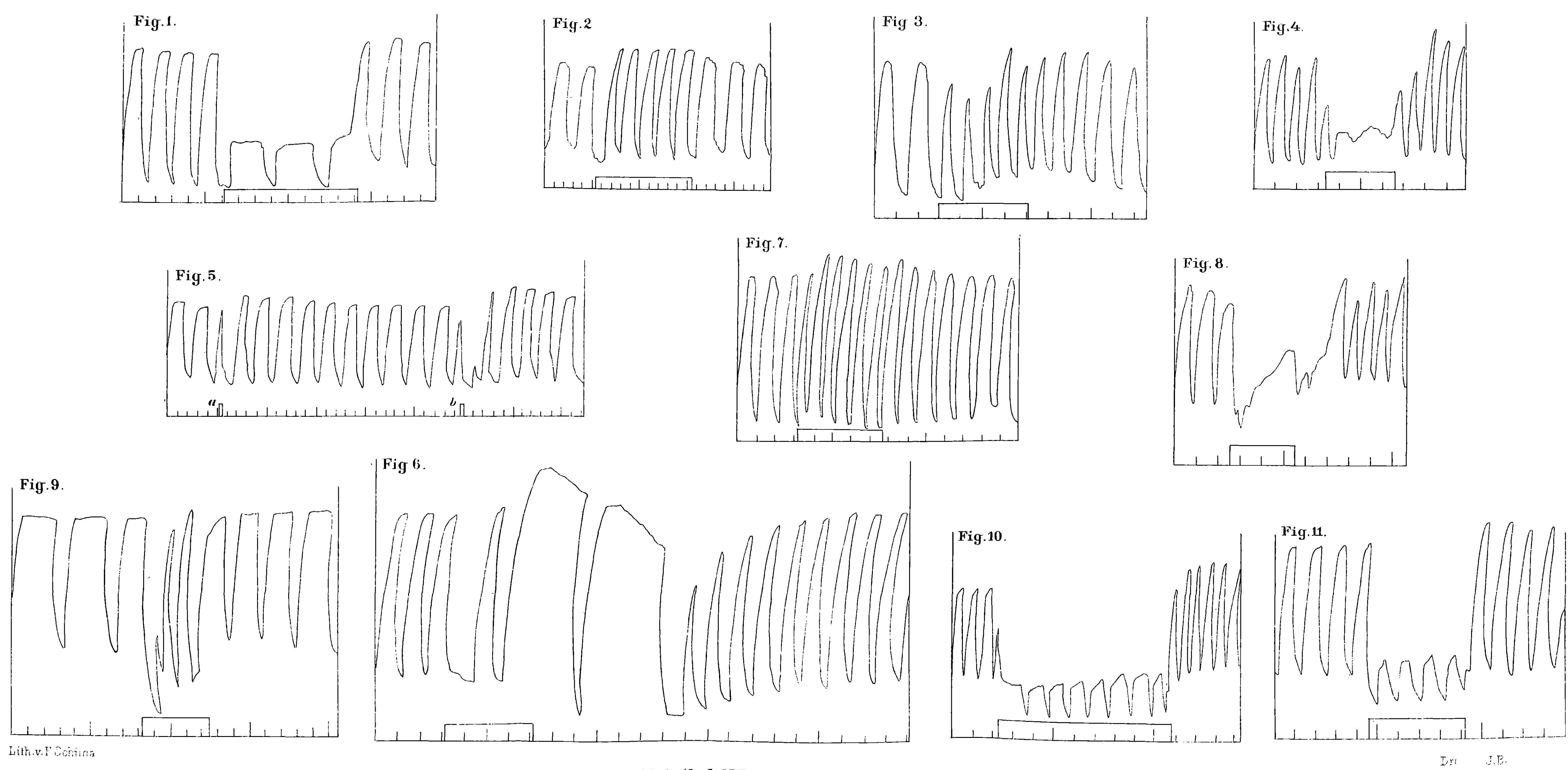

Fig. 1.
Fig. 2
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
a
b
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 6.
Fig. 10.
Fig. 11.
Lith. v. F. Schima

Fig. 13. Unterbrechung der Apnoe bei demselben Thiere durch Reizung des Saphenus major. J. R. A. 10.

14. Reizung des Halsvagus durch seinen Eigenstrom. Von *a* bis *b* gleichzeitige Reizung des Saphenus major. J. R. A. 25. Verzeichnung der Athmung vom Mediastinum aus.

15. 0,5 Chloral intravenös. Reizung eines Cervicalnerven. J. R. A. 25.

Tafel III.

Fig. 1. 0·5 Chloral intravenös. Reizung eines Cervicalnerven mit J. R. A. 10.

2. 0·04 Morphium purum intravenös. Reizung des Saphenus major. J. R. A. 30.

3. 0·04 Morphium purum intravenös. Kitzeln am Bauch.

4. 0·04 Morphium purum intravenös. Kneifen des Beines.

5. 0·06 Morphium purum intravenös. Reizung des Saphenus major durch (*a*) Schliessen und (*b*) Öffnen eines absteigenden Stromes.

6. 0·5 Chloral intravenös. Reizung des Saphenus major durch J. R. A. 10

7. Kneifen des Schwanzes bei einem Thiere, dem das Grosshirn exstirpirt worden war.

8. Ebenso bei einem Thiere, dem Gross- und Kleinhirn und die Stammganglien exstirpirt worden waren.

9. Reizung des Saphenus major durch J. R. A. 15 bei einem Thiere, dem das Grosshirn exstirpirt worden war.

10. Reizung des peripheren Phrenicusstumpfes. J. R. A. 35.

11. Ebenso bei demselben Thiere nach Section beider Halsvagi. J. R. A. 25.